

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-185375

(43)Date of publication of application : 28.06.2002

(51)Int.Cl. H04B 7/08
H01Q 3/26
H04B 7/26

(21)Application number : 2000-379118

(71)Applicant : NIPPON SOKEN INC
DENSO CORP

(22)Date of filing : 13.12.2000

(72)Inventor : HATTORI TOSHIHIRO
MATSUE TAKENORI
INOUE AKIRA
KADOTA SHIGERU

(54) ADAPTIVE ARRAY ANTENNA

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To properly update a weight of an adaptive array antenna.

SOLUTION: A first reference signal is received, and a preamble of each complex OFDM signal is received.

Complex weights W1 to W4 are repeatedly updated by an RLS method based on the preamble of the each complex OFDM signal and the first reference signal (step 201),

and when its updating is finished, updating final values of the weights W1 to W4 are stored in a memory 118c (step 202). Then, the updating final values of the weights W1

to W4 are called from the memory 118c, a second reference signal is received, and further a pilot symbol from a pilot extractor 118a is received. Updating of the weights W1 to W4 are started by an LMS method based on the pilot symbol and the second reference signal with the updating final values of the weights W1 to W4 of the memory 118c as initial values (step 203).



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-185375

(P2002-185375A)

(43) 公開日 平成14年6月28日 (2002. 6. 28)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マコ-ト* (参考)

H 0 4 B 7/08

H 0 4 B 7/08

D 5 J 0 2 1

H 0 1 Q 3/26

H 0 1 Q 3/26

Z 5 K 0 5 9

H 0 4 B 7/26

H 0 4 B 7/26

D 5 K 0 6 7

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-379118 (P2000-379118)

(22) 出願日 平成12年12月13日 (2000. 12. 13)

(71) 出願人 000004695

株式会社日本自動車部品総合研究所

愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 服部 敏弘

愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会

社日本自動車部品総合研究所内

(74) 代理人 100100022

弁理士 伊藤 洋二 (外2名)

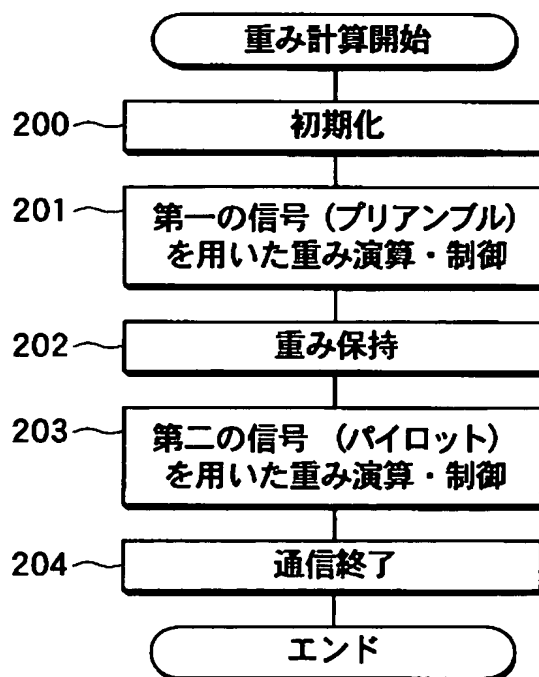
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アダプティブアレーアンテナ

(57) 【要約】

【課題】 アダプティブアレーアンテナのウェイトを良好に更新する。

【解決手段】 第1の参照信号を受けて、各複素OFDM信号のプリアンプルを受ける。各複素OFDM信号のプリアンプル及び第1の参照信号を基に、RLS法によって複素ウェイトW1~W4を繰り返し更新して（ステップ201）、その更新が終了すると、その複素ウェイトW1~W4の更新最終値をメモリ118cに記憶する（ステップ202）。次に、メモリ118cから複素ウェイトW1~W4の更新最終値を呼び出し、第2の参照信号を受け、さらに、パイロット抽出部118aからのパイロットシンボルを受ける。メモリ118cの複素ウェイトW1~W4の更新最終値を初期値として、パイロットシンボル及び第2の参照信号を基に、LMS法によって複素ウェイトW1~W4の更新を開始する。（ステップ203）。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の受信信号を受信するとともに、この受信後に第 2 の受信信号を受信する複数のアンテナ素子（101～104）と、前記複数のアンテナ素子で受信されたそれぞれの第 1 の受信信号に第 1 のウェイトを乗算し、この第 1 のウェイトを乗算されたそれぞれの第 1 の受信信号を加算して第 1 の加算信号を求めるとともに、この第 1 の加算信号と第 1 の参照信号とに応じて前記第 1 のウェイトを更新する第 1 の更新手段（201）と、前記複数のアンテナ素子で受信されたそれぞれの第 2 の受信信号に第 2 のウェイトを乗算し、この第 2 のウェイトを乗算されたそれぞれの第 2 の受信信号を加算して第 2 の加算信号を求めるとともに、この第 2 の加算信号と第 2 の参照信号とに応じて前記第 2 のウェイトを更新する第 2 の更新手段（203）と、を有することを特徴とするアダプティブアレーアンテナ。

【請求項 2】 周波数軸上に既知信号だけが配列された既知 OFDM 信号を受信するとともに、この受信後に、周波数軸上に既知信号と情報信号とが配列されたデータ OFDM 信号を受信する複数のアンテナ素子（101～104）と、前記複数のアンテナ素子で受信されたそれぞれの既知 OFDM 信号に第 1 のウェイトを乗算し、この第 1 のウェイトを乗算されたそれぞれの既知 OFDM 信号を加算して第 1 の加算信号を求めるとともに、この第 1 の加算信号と第 1 の参照信号とに応じて前記第 1 のウェイトを更新する第 1 の更新手段（202）と、前記複数のアンテナ素子で受信されたそれぞれのデータ OFDM 信号のうち既知信号を抽出する抽出手段（118a）と、前記抽出されたそれぞれの既知信号に第 2 のウェイトを乗算し、この第 2 のウェイトを乗算されたそれぞれの既知信号を加算して第 2 の加算信号を求め、この第 2 の加算信号と第 2 の所望既知信号とに応じて前記第 2 のウェイトを更新する第 2 の更新手段（203）と、を有することを特徴とするアダプティブアレーアンテナ。

【請求項 3】 前記第 1 の更新手段による前記第 1 のウェイトの更新が終了したとき、前記第 1 のウェイトを保持する保持手段（202、118c）を有し、前記第 2 の更新手段は、前記保持された前記第 1 のウェイトを、前記第 2 のウェイトの初期値として設定することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のアダプティブアレーアンテナ。

【請求項 4】 前記第 1 の更新手段で前記第 1 のウェイトを更新する更新方式は、前記第 2 の更新手段で前記第 2 のウェイトを更新する更新方式と異なることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 つに記載のアダプティブ

アレーアンテナ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アダプティブアレーアンテナに関する。

【0002】

【従来の技術】従来のアダプティブアレーアンテナ通信装置の概略構成について図 3 を参照して説明する。図 3 において、アレーアンテナ通信装置は、アダプティブアレーアンテナ 10 及び復調処理部 20 から構成されて、アダプティブアレーアンテナは、アンテナ素子 1a～1d、準同期検波器 2a～2d、乗算器 3a～3d、加算器（Σ）4、重み制御部 4、及び、参照信号発生器 5 を有する。まず、アンテナ素子 1a～1d は、それぞれ、受信信号を受信し、各受信信号は、それぞれ、準同期検波器 2a～2d に入力される。但し、受信信号には所望既知信号が含まれている。準同期検波器 2a～2d は、それぞれ、入力された受信信号を準同期検波（直交検波）して複素受信信号を出力する。

【0003】次に、乗算器 3a は、準同期検波器 2a からの複素受信信号と複素ウェイト W_1 とを乗算して第 1 の乗算信号を求め、乗算器 3b は、準同期検波器 2b からの複素受信信号と複素ウェイト W_2 とを乗算して第 2 の乗算信号を求め、乗算器 3c は、準同期検波器 2c からの複素受信信号と複素ウェイト W_3 とを乗算して第 3 の乗算信号を求め、乗算器 3d は、準同期検波器 2d からの複素受信信号と複素ウェイト W_4 とを乗算して第 4 の乗算信号を求め、また、加算器（Σ）4 は、乗算器 3a～3d の第 1～第 4 の乗算信号を加算して加算信号を求め、この加算信号を復調処理部 6 に出力する。

【0004】ここで、重み制御部 5 には、準同期検波器 2a～2d からの各複素受信信号と参照信号発生器 6 からの参照信号（所望既知信号）とが入力され、重み制御部 5 は、準同期検波器 2a～2d の各複素受信信号に基づいて演算処理して上記加算器 4 の加算信号と同一の加算信号（以下、演算加算信号という）を求める。さらに、重み制御部 5 は、演算加算信号を参照信号（所望既知信号）に近づけるように複素ウェイト W_1 ～ W_4 を更新する。これにより、加算器（Σ）4 からの加算信号は、準同期検波器 2a～2d の各複素受信信号のうち参照信号（所望既知信号）を除く成分を抑圧された信号になる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、本発明者等は、直交マルチキャリア方式を用いた通信システムに、上述したアダプティブアレーアンテナ通信装置を適用することについて検討した。直交マルチキャリア信号（以下、OFDM 信号という）は、図 4 に示すように、データ信号（データ OFDM 信号）に先立ってプリアンブル信号（既知 OFDM 信号）とが用いられる。具体的に

は、OFDM信号のフォーマットは、図5に示すように構成されている。

【0006】この図5において、縦方向は時間方向（シンボル）、横方向は周波数方向（キャリア）を示している。また、図中の白丸はデータシンボル（情報信号）、黒丸はパイロットシンボル（既知信号）である。図5から分かるように、プリアンブル信号は、周波数軸上に、複数のパイロットシンボルだけを配列された信号である。このプリアンブル信号は通信端末側で初期同期を行うために用いられる。また、データ信号は、複数のデータシンボルと、複数のデータシンボルの間に配置されたパイロットシンボルとから構成されていることになる。すなわち、データ信号は、周波数軸上に配列された複数のデータシンボルと、複数のデータシンボルの間に配置されたパイロットシンボルとからなる。このパイロットシンボルは、チャネル推定、補正を通信端末側で行うために用いられる。

【0007】本発明者等の検討によれば、アダプティブレイアンテナにおいて、OFDM信号を受信するにあたり、OFDM信号のデータ信号を受信するとき、データ信号のうちパイロットシンボルを抽出し、この抽出されたパイロットシンボルに基づいて複素ウェイトを更新する必要があると考えた。一方、OFDM信号のプリアンブル信号を受信するとき、プリアンブル信号は、複数のパイロットシンボルだけから構成されるため、プリアンブル信号からパイロットシンボルを抽出することなく、このプリアンブル信号を時間軸上の信号として採用して複素ウェイトを更新することが考えられる。このため、複素ウェイトを更新するにあたり、OFDM信号のデータ信号を受信するときと、OFDM信号のプリアンブル信号を受信するときでは、異なる参照信号が必要となり、上述の如く、1つだけの参照信号を採用すると、OFDM信号の受信における複素ウェイトの更新が困難になるといった問題が生じる。

【0008】本発明は、上記点に鑑み、異なる2つの信号が時間を前後して受信されるときでも、ウェイトを良好に更新できるアダプティブレイアンテナを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明では、第1の受信信号を受信するとともに、この受信後に第2の受信信号を受信する複数のアンテナ素子（101～104）と、複数のアンテナ素子で受信されたそれぞれの第1の受信信号に第1のウェイトを乗算し、この第1のウェイトを乗算されたそれぞれの第1の受信信号を加算して第1の加算信号を求めるとともに、この第1の加算信号と第1の参照信号とに応じて前記第1のウェイトを更新する第1の更新手段（201）と、複数のアンテナ素子で受信されたそれぞれの第2の受信信号に第2のウェイトを乗

算し、この第2のウェイトを乗算されたそれぞれの第2の受信信号を加算して第2の加算信号を求めるとともに、この第2の加算信号と第2の参照信号とに応じて前記第2のウェイトを更新する第2の更新手段（203）とを有することを特徴とする。

【0010】このように、第1及び第2の参照信号を採用して、第1の更新手段は、第1の加算信号と第1の参照信号とに応じて第1のウェイトを更新する一方、第2の更新手段は、第2の加算信号と第2の参照信号とに応じて第2のウェイトを更新する。従って、第1及び第2の受信信号といった互い異なる2つの信号が時間を前後して受信するときでも、ウェイトを良好に更新できる。

【0011】また、請求項2に記載の発明では、周波数軸上に既知信号だけが配列された既知OFDM信号を受信するとともに、この受信後に、周波数軸上に既知信号と情報信号とが配列されたデータOFDM信号を受信する複数のアンテナ素子（101～104）と、複数のアンテナ素子で受信されたそれぞれの既知OFDM信号に第1のウェイトを乗算し、この第1のウェイトを乗算されたそれぞれの既知OFDM信号を加算して第1の加算信号を求めるとともに、この第1の加算信号と第1の参照信号とに応じて第1のウェイトを更新する第1の更新手段（202）と、複数のアンテナ素子で受信されたそれぞれのデータOFDM信号のうち既知信号を抽出する抽出手段（118a）と、この抽出されたそれぞれの既知信号に第2のウェイトを乗算し、この第2のウェイトを乗算されたそれぞれの既知信号を加算して第2の加算信号を求め、この第2の加算信号と第2の所望既知信号とに応じて第2のウェイトを更新する第2の更新手段（203）とを有することを特徴とする。

【0012】このように、第1及び第2の参照信号を採用して、第1の更新手段は、第1の加算信号と第1の参照信号とに応じて第1のウェイトを更新する一方、第2の更新手段は、第2の加算信号と第2の参照信号とに応じて第2のウェイトを更新する。従って、既知OFDM信号及びデータOFDM信号といった互い異なる2つの信号が時間を前後して受信するときでも、請求項1に記載の発明と同様に、ウェイトを良好に更新できる。

【0013】また、第1の更新手段は、既知OFDM信号のうちの既知信号を用いることなく、時間軸上の既知OFDM信号を用いて第1の加算信号を求め、この第1の加算信号を用いて第1のウェイトを更新している。このため、請求項2に記載の発明では、既知OFDM信号のうちの既知信号を抽出してこの既知信号を用いて第1のウェイトを更新する場合に比べて、第1のウェイトの更新を高速化できる。

【0014】請求項3に記載の発明では、第1の更新手段のよる第1のウェイトの更新が終了したとき、第1のウェイトを保持する保持手段（202、118c）を有し、第2の更新手段は、前記保持された第1のウェイト

10

20

30

40

50

を第2のウェイトの初期値として設定する。これにより、第2の更新手段は、保持された第1のウェイトを、第2のウェイトの初期値として設定するため、第2のウェイトの初期値としてランダムな値を採用するときに比べて、第2のウェイトの更新の収束速度を向上できる。ここで、請求項4に記載の発明のように、第1の更新手段で前記第1のウェイトを更新する更新方式は、前記第2の更新手段で前記第2のウェイトを更新する更新方式と異なるようにしてもよい。

【0015】

【発明の実施の形態】図1に本発明のアダプティブアレイアンテナ受信装置の一実施形態を示す。本実施形態において、アダプティブアレイアンテナ受信装置は、図4、図5に示すOFDM信号フォーマットを用いた通信システムに適用された例を示す。図1は、アダプティブアレイアンテナ受信装置の電気構成を示すブロック図である。なお、アダプティブアレイアンテナ受信装置は、OFDM通信システムの基地局に適用されている。

【0016】図1に示すように、アレイアンテナ受信装置は、アダプティブアレイアンテナ100及び復調処理部120から構成されて、アダプティブアレイアンテナ100は、アンテナ素子101～104、準同期検波器105～108、乗算器109～112、加算器(Σ)113、方式制御部114、切替スイッチ115、発生器116、117、重み制御部118、FFT回路130～133、及び、タイミング検出器134を有する。アンテナ素子101～104は、それぞれ、OFDM信号を受信して、受信されたOFDM信号は、それぞれ、準同期検波器105～108に入力されて、準同期検波器105～108は、それぞれ、入力OFDM信号を準同期検波(直交検波)して複素OFDM信号を出力する。

【0017】FFT回路130は、準同期検波器105からの複素OFDM信号のデータ信号(図4参照)に基づいてFFT処理することにより、データ信号のうちパイロットシンボル(既知信号)及びデータシンボル(情報信号)を抽出する。但し、FFT回路130は、方式制御部114による指令によって、複素OFDM信号のプリアンブル信号のFFT処理を禁止されているため、FFT回路130は、複素OFDM信号のプリアンブル信号が入力されたとき、その複素OFDM信号のプリアンブル信号を出力する。

【0018】FFT回路131は、準同期検波器106からの複素OFDM信号のデータ信号に基づいてFFT処理することにより、そのデータ信号のうちパイロットシンボル及びデータシンボルを抽出する。但し、FFT回路131は、方式制御部114による指令によって、プリアンブル信号のFFT処理を禁止されているため、FFT回路131は、プリアンブル信号が入力されたとき、その複素OFDM信号のプリアンブル信号を出力する。

【0019】FFT回路132は、FFT回路130と実質的に同様に、準同期検波器107からの複素OFDM信号のデータ信号に基づいてFFT処理してデータ信号のうちパイロットシンボル及びデータシンボルを抽出する。但し、FFT回路132は、FFT回路130と実質的に同様に、方式制御部114による指令によって、プリアンブル信号が入力されたとき、その複素OFDM信号のプリアンブル信号を出力する。

【0020】FFT回路133は、FFT回路130と実質的に同様に、準同期検波器108からの複素OFDM信号のデータ信号に基づいてFFT処理してデータ信号のうちパイロットシンボル及びデータシンボルを抽出する。但し、FFT回路133は、FFT回路130と実質的に同様に、方式制御部114による指令によって、プリアンブル信号が入力されたとき、その複素OFDM信号のプリアンブル信号を出力する。

【0021】乗算器109は、FFT回路130の出力信号に複素ウェイトW1とを乗算して第1の乗算信号を出力する。具体的には、乗算器109は、FFT回路130からのプリアンブル信号に複素ウェイトW1を乗算しその乗算結果を第1の乗算信号として出力する。乗算器109は、FFT回路130のパイロットシンボルに複素ウェイトW1とを乗算しその乗算結果を第1の乗算信号として出力し、乗算器109は、FFT回路130のデータシンボルに複素ウェイトW1とを乗算しその乗算結果を第1の乗算信号として出力する。

【0022】乗算器110は、FFT回路131の出力信号に複素ウェイトW2とを乗算して第2の乗算信号を出力する。具体的には、乗算器110は、FFT回路131からのプリアンブル信号に複素ウェイトW2とを乗算しその乗算結果を第2の乗算信号として出力する。乗算器110は、FFT回路131のパイロットシンボルに複素ウェイトW2とを乗算しその乗算結果を第2の乗算信号として出力し、乗算器110は、FFT回路131のデータシンボルに複素ウェイトW2とを乗算しその乗算結果を第2の乗算信号として出力する。

【0023】乗算器111は、乗算器109と実質的に同様に、FFT回路132の出力信号に複素ウェイトW3とを乗算して第3の乗算信号を出力し、乗算器112は、乗算器109と実質的に同様に、FFT回路133の出力信号に複素ウェイトW4とを乗算して第4の乗算信号を出力する。さらに、また、加算器113は、乗算器109～112のそれぞれの第1～第4の乗算信号を加算して加算信号を復調処理部120に出力して、復調処理部120は、加算信号を用いて復調処理を行う。

【0024】方式制御部114は、タイミング検出器134によるプリアンブル信号の受信終了を示す信号を受けて、FFT回路130～133、重み制御部118、及び切替スイッチ115に指令を行う。切替スイッチ115は、方式制御部114からの指令を受け、参

照信号発生器 116、117 のうちいずれか一方を重み制御部 118 に切替接続する。具体的には、切替スイッチ 115 は、プリアンブル信号の受信時にて、参照信号発生器 116 及び重み制御部 118 の間を接続する一方、切替スイッチ 115 は、データ信号の受信時にて、参照信号発生器 117 及び重み制御部 118 を接続する。

【0025】発生器 116 は、時間軸上のプリアンブル信号を第 1 の参照信号として予め記憶しており、発生器 116 は、第 1 の参照信号を切替スイッチ 115 を通して重み制御部 118 に出力する。一方、発生器 117 は、データ信号のうちのパイロットシンボルを第 2 の参照信号として予め記憶しており、発生器 117 は、第 2 の参照信号を切替スイッチ 115 を通して重み制御部 118 に出力する。また、タイミング検出器 134 は、準同期検波器 105～108 からの複素 OFDM 信号に基づいて、複素 OFDM 信号のうちデータ信号の受信開始時の開始タイミングを検出する。

【0026】なお、タイミング検出器 134 は、予め、時間軸上の複素プリアンブル信号を予め記憶しており、この記憶された複素プリアンブル信号と準同期検波器 105～108 からの複素 OFDM 信号との相関検出を行うことにより、複素 OFDM 信号のプリアンブル信号の受信終了時、ひいては、複素 OFDM 信号のうちデータ信号の受信開始時を検出する。

【0027】重み制御部 118 には、準同期検波器 105～108 の各複素 OFDM 信号と、方式制御部 114 の指令と、発生器 116、117 の第 1 及び第 2 の参照信号とを受ける。重み制御部 118 は、各複素 OFDM 信号と、方式制御部 114 の指令と、第 1 及び第 2 の参照信号とに応じて、複素ウェイト $W1 \sim W4$ を更新して乗算器 109～112 に出力する。具体的には、重み制御部 118 は、演算部 118b とともに、パイロット抽出部 118a を有し、パイロット抽出部 118a は、方式制御部 114 の指令によって、各複素 OFDM 信号のデータ信号の受信時において、各複素 OFDM 信号のデータの FFT 処理を行う。

【0028】具体的には、パイロット抽出部 118a は、準同期検波器 105 からの複素 OFDM 信号のデータ信号のうちパイロットシンボルを抽出して第 1 のパイロットシンボルとして出力する一方、準同期検波器 106 からの複素 OFDM 信号のデータ信号のうちパイロットシンボルを抽出して第 2 のパイロットシンボルとして出力する。さらに、パイロット抽出部 118a は、準同期検波器 107 からの複素 OFDM 信号のデータ信号のうちパイロットシンボルを抽出して第 3 のパイロットシンボルとして出力する一方、準同期検波器 108 からの複素 OFDM 信号のデータ信号のうちパイロットシンボルを抽出して第 4 のパイロットシンボルとして出力する。

【0029】演算部 118b は、パイロット抽出部 118a からの第 1～第 4 のパイロットシンボル、各複素 OFDM 信号のプリアンブル信号、及び、第 1 及び第 2 の参照信号に応じて複素ウェイト $W1 \sim W4$ を更新する。ここで、演算部 118b の作動の説明に先立って、複素ウェイト（重み）を更新する更新方式について説明する。本実施形態では、複素ウェイトを求めるために、MMSE (Minimum Mean Square Error) 法の LMS (Least Mean Square algorithm)、RLS (Recursive Least Squares algorithm) が採用されている。

【0030】まず、時間 t における加算器 113 の加算信号（アレー素子の複素出力信号）を $y(t)$ とし、 $x_n(t)$ 、 $w_n(t)$ は、 n 番目（本実施形態では $1 \leq n \leq 4$ ）のアンテナ素子における複素入力信号、複素ウェイトを表す。但し、各複素 OFDM 信号のデータ信号が受信されているとき、複素入力信号としては、複素 OFDM 信号のデータ信号のパイロットシンボルが採用される。一方、各複素 OFDM 信号のプリアンブルが受信されているとき、複素入力信号としては、各複素 OFDM 信号のプリアンブル信号が採用されている。

【0031】ここでは、さらに、 $x_n(t)$ 、 $w_n(t)$ ($n=1, 2 \dots 4$) をそれぞれ入力ベクトル $X(t)$ 、ウェイトベクトル $W(t)$ の形で数式 1、数式 2 のように表す。

【0032】

【数 1】 $X(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_4(t)]$

【0033】

【数 2】 $W(t) = [y_1(t), y_2(t), \dots, y_4(t)]$

加算信号 $y(t)$ は、数式 1、数式 2 を用いて、数式 3 のように表すことができる。但し、 H は、複素供役転置を表す。

【0034】

【数 3】 $y(t) = X(t)^H \cdot W(t) = X(t) \cdot W(t)^H$

そして、誤差信号 $e(t)$ は、所望のアレー応答である参照信号（第 1 及び第 2 の参照信号） $d(t)$ と、加算器 113 の加算信号（実際のアレー出力信号） $y(t)$ との差で、数式 4 で与えられる。

【0035】

【数 4】 $e(t) = d(t) - y(t) = d(t) - W(t)^H \cdot X(t)$

MMSE 法では、この誤差信号 $e(t)$ の二乗の期待値（平均二乗誤差）、 $E\{|e(t)|^2\}$ を最小にする事が目的である。

（LMS 法）LMS 法に基づいた最適なアルゴリズムは、数式 5 のように表される。

【0036】

【数 5】

$$W(m+1) = W(m) - \frac{\mu}{2} \Delta_w E[|e(m)|^2]$$

【0037】ここで、 m は $t=mT$ （ T はサンプリング間隔）で表されるサンプリング時間に応答し、 μ はステップサイズである。数式5からアンサンプル時間平均演算を除き整理すると、数式6が得られ、LMS法は、数式6に基づいて複素ウェイトの更新が行われる。

【0038】

【数6】

$$W(m+1) = W(m) + \mu X(m) e^*(m)$$

【0039】（RLS法）RLS法では、現時点までのすべての入力サンプルを用いて、数式7に示すような指数重み付誤差の二乗を直接最小化する。

【0040】

【数7】

$$Q(m) = \sum_{i=1}^m \alpha^{m-i} |e(i)|^2$$

【0041】ここで、 α は $0 < \alpha < 1$ の重み付け定数である。この数式6の W に関する勾配ベクトルを零と置いて最小二乗解が得られるが、ここでは、逐次方式で以下のよう

【0042】

【数8】

$$R_{xx}(0) = \delta U$$

【0043】

【数9】

$$R_{xx}(m) = \alpha R_{xx}(m-1) + X(m) X^H(m)$$

【0044】ここで、 δ は定整数である。このとき、複素ウェイトの更新式は、数式10のように表される。

【0045】

【数10】

$$W(m+1) = W(m) + r R_{xx}^{-1}(m) X(m+1) e^*(m+1)$$

【0046】ここで、 r は、数式11で与えられる。

【0047】

【数11】

$$r = \frac{1}{\alpha + X^H(m+1) R_{xx}^{-1}(m) X(m+1)}$$

【0048】以下、重み制御部118の演算部118bの作動について図2を用いて説明する。まず、演算部118bのメモリ118cを初期化し（ステップ200）、方式制御部114による指令によって、アンテナ素子101～104がOFDM信号のプリアンブル信号を受信していると判定すると、ステップ201に進み、上述したRLS法に基づいて、OFDM信号のプリアンブル信号の受信時における複素ウェイト $W1 \sim W4$ の更新処理を行って、複素ウェイト $W1 \sim W4$ を乗算器1

09～112に出力する。

【0049】具体的には、発生器116から切替スイッチ115を通して第1の参照信号を受けるとともに、準同期検波器105～108からそれぞれの複素OFDM信号のプリアンブル信号を受ける。準同期検波器105からの複素OFDM信号のプリアンブル信号に複素ウェイト $W1$ を乗算して第1の乗算信号を求め、準同期検波器107からの複素OFDM信号のプリアンブル信号に複素ウェイト $W2$ を乗算して第2の乗算信号を求める。準同期検波器107からの複素OFDM信号のプリアンブル信号に複素ウェイト $W3$ を乗算して第3の乗算信号を求め、準同期検波器108からの複素OFDM信号のプリアンブル信号に複素ウェイト $W4$ を乗算して第4の乗算信号を求める。

【0050】さらに、第1～第4の乗算信号を加算して第1の加算信号を求め、第1の加算信号を第1の参照信号（時間軸上のプリアンブル信号）に近づけるように複素ウェイト $W1 \sim W4$ を更新する。これとともに、複素ウェイト $W1$ を乗算器109に出力し、複素ウェイト $W2$ を乗算器110に出力し、複素ウェイト $W3$ を乗算器111に出力し、複素ウェイト $W4$ を乗算器112に出力する。次に、方式制御部114による指令によって、アンテナ素子101～104によるOFDM信号のプリアンブル信号の受信が終了したと判定すると、ステップ202に進んで、プリアンブル信号による複素ウェイト $W1 \sim W4$ の更新最終値をメモリ118cに保持させる。

【0051】次に、方式制御部114による指令によって、アンテナ素子101～104によるOFDM信号のデータ信号の受信が開始されたと判定すると、ステップ203に進み、上述のLMS法によって、OFDM信号のデータ信号に応じた複素ウェイト $W1 \sim W4$ の更新処理を開始する。まず、メモリ118cから複素ウェイト $W1 \sim W4$ の更新最終値を呼び出し、この複素ウェイト $W1 \sim W4$ の更新最終値をそれぞれ乗算器109～112に出力する。

【0052】ここで、発生器117から切替スイッチ115を通して第2の参照信号を受け、パイロット抽出部118aから第1～第4のパイロットシンボルを受け、さらに、第1のパイロットシンボルに複素ウェイト $W1$ の更新最終値を乗算して第1のパイロット乗算信号を求め、第2のパイロットシンボルに複素ウェイト $W2$ の更新最終値を乗算して第2のパイロット乗算信号を求める。第3のパイロットシンボルに複素ウェイト $W3$ の更新最終値を乗算して第3のパイロット乗算信号を求め、第4のパイロットシンボルに複素ウェイト $W4$ の更新最終値を乗算して第4のパイロット乗算信号を求める。ここで、第1～第4の第4のパイロット乗算信号を加算して第2の加算信号を求める。

【0053】そして、第2の加算信号を第2の参照信号

に近づけるよう複素ウエイト $W1 \sim W4$ を更新して乗算器109～112に出力する。以上により、OFDM信号のデータ信号における複素ウエイト $W1 \sim W4$ の更新の初期値として、複素ウエイト $W1 \sim W4$ の更新最終値が用いられることになる。その後、上記更新された複素ウエイト $W1 \sim W4$ （以下、更新複素ウエイト $W1 \sim W4$ という）と、発生器117からの第2の参照信号と、パイロット抽出部118aから第1～第4のパイロットシンボルとによって順次複素ウエイト $W1 \sim W4$ を更新して乗算器109～112に出力する。

【0054】具体的には、第1のパイロットシンボルに更新複素ウエイト $W1$ を乗算して第1のパイロット乗算信号を求め、第2のパイロットシンボルに更新複素ウエイト $W2$ を乗算して第2のパイロット乗算信号を求め、第3のパイロットシンボルに更新複素ウエイト $W3$ を乗算して第3のパイロット乗算信号を求め、第4のパイロットシンボルに更新複素ウエイト $W4$ を乗算して第4のパイロット乗算信号を求める。ここで、第1～第4の第4のパイロット乗算信号を加算して第2の加算信号を求める。さらに、第2の加算信号を第2の参照信号に近づけるよう複素ウエイト $W1 \sim W4$ を更新して乗算器109～112に出力する。その後、OFDM信号のデータ信号の受信が終了すると、更新複素ウエイト $W1 \sim W4$ の更新を停止する（ステップ204）。

【0055】以下、本実施形態の特徴を述べる。まず、予め、第1の参照信号を用意して、OFDM信号のプリアンブル信号を受信しているときには、第1の参照信号に第1の加算信号を近づけるように複素ウエイト $W1 \sim W4$ を更新する。更に、予め、第2の参照信号を用意して、OFDM信号のデータ信号を受信しているときには、第1の参照信号に第2の加算信号を近づけるように複素ウエイト $W1 \sim W4$ を更新する。このように、複素ウエイト $W1 \sim W4$ を更新しているため、OFDM信号のプリアンブル信号及びデータ信号を時間を前後して受信しても、複素ウエイト $W1 \sim W4$ の更新を良好にできる。

【0056】ここで、OFDM信号のデータ信号の受信を開始すると、メモリ118cからプリアンブル信号での複素ウエイト $W1 \sim W4$ の更新最終値を呼び出し、この呼び出された複素ウエイト $W1 \sim W4$ の更新最終値を初期値として、複素ウエイト $W1 \sim W4$ の更新を開始するので、上記初期値としてランダムな値を用いる場合に比べて、複素ウエイト $W1 \sim W4$ の更新の早い収束性、*

* 安定性が得られる。

【0057】さらに、OFDM信号のプリアンブル信号を受信しているときには、FFT処理を行っていないため、プリアンブル信号に基づいた複素ウエイト $W1 \sim W4$ の更新を高速化できる。すなわち、データ信号を受信しているときには、プリアンブル信号を受信しているときに比べて、長い更新処理の時間を必要とする。

【0058】一般に、LMS法のアルゴリズムは、RLS法のアルゴリズムに比べて、信号処理量が少なく、処理時間が短い。そこで、本実施形態では、上述の如く、プリアンブル信号を受信しているときには、RLS法に基づいたアルゴリズムを用いて複素ウエイト $W1 \sim W4$ を更新している一方、データ信号を受信しているときには、LMS法に基づいたアルゴリズムを用いて複素ウエイト $W1 \sim W4$ を更新している。これにより、プリアンブル信号の受信時とデータ信号の受信時とで処理時間の均衡を図ることができる。

【0059】なお、本発明の実施にあたり、前後して異なる2つの信号が受信されるアダプティブアレイアンテナ通信装置であるならば、OFDM信号以外の各種信号に適用してもよい。

【0060】さらに、上記実施形態では、複素ウエイト $W1 \sim W4$ の更新にあたり、プリアンブル信号を受信しているとき、RLS法に基づいたアルゴリズムを用いる一方、データ信号を受信しているときには、LMS法に基づいたアルゴリズムを用いる例について説明したが、これに限らず、プリアンブル信号を受信しているときとデータ信号を受信しているときとで、同一のアルゴリズムを採用してもよく、また、LMS法及びRLS法以外のアルゴリズムを採用してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係るアダプティブアレイアンテナ通信装置の構成を示すブロック図である。

【図2】上記一実施形態の作動を示すフローチャートである。

【図3】従来のアダプティブアレイアンテナ通信装置の構成を示すブロック図である。

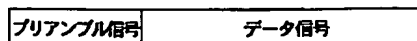
【図4】OFDM信号を示す図である。

【図5】OFDM信号のフォーマットを示す図である。

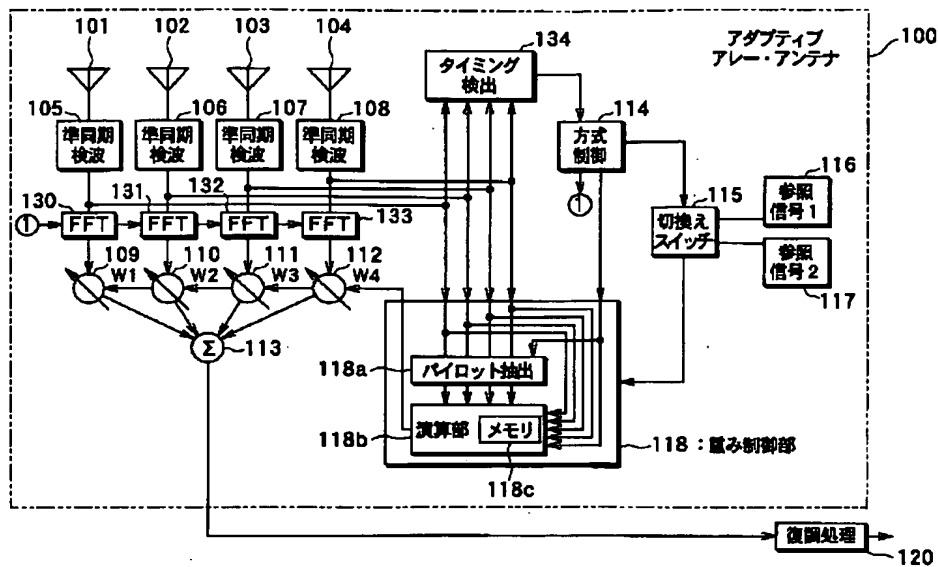
【符号の説明】

100…アダプティブアレイアンテナ、118…重み制御部、118b…演算部、118c…メモリ、 $W1 \sim W4$ …複素ウエイト。

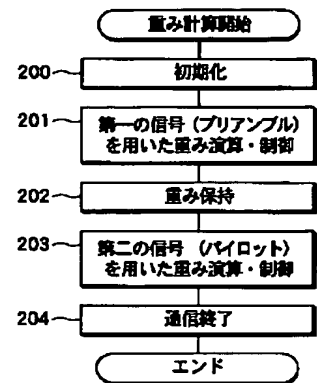
【図4】



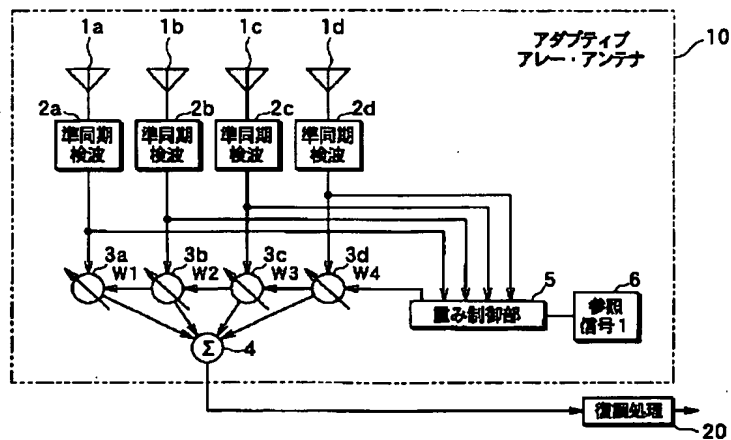
【図1】



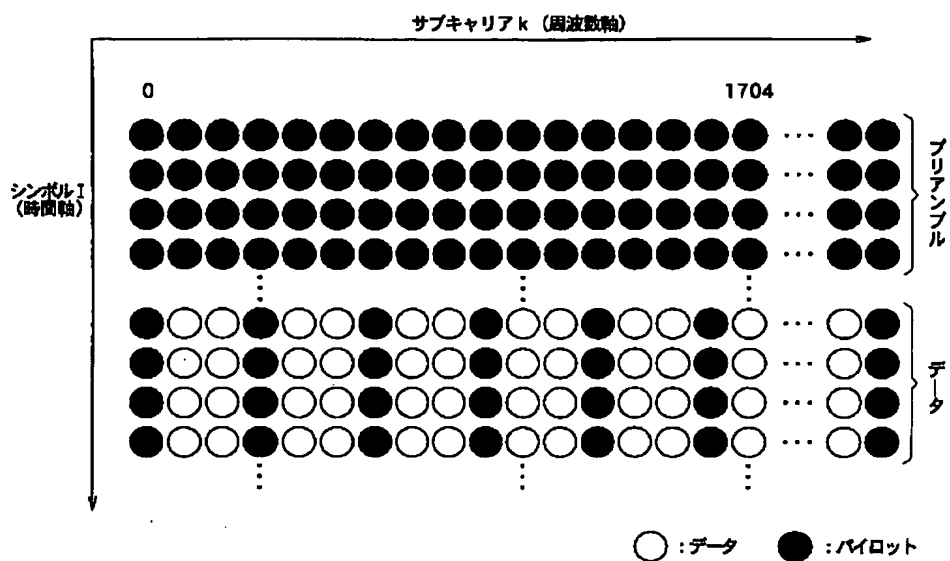
【図2】



【図3】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 松江 武典
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会
社日本自動車部品総合研究所内

(72)発明者 井上 彰
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72)発明者 門田 茂
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

F ターム(参考) 5J021 AA05 AA06 CA06 DB02 DB03
DB04 EA04 FA14 FA15 FA16
FA17 FA20 FA29 FA30 FA31
FA32
5K059 CC09 DD31 EE02
5K067 AA14 CC24 KK03